



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2003266181 A**(43) Date of publication of application: **24.09.03**

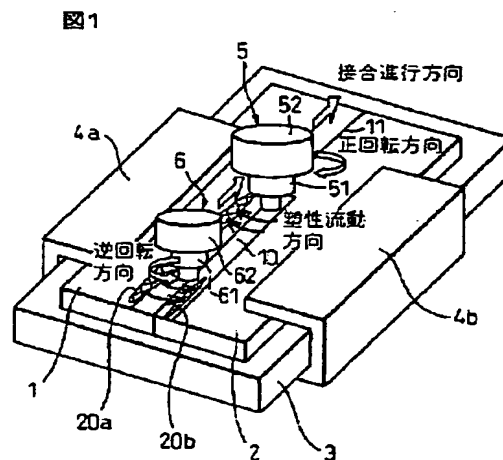
(51) Int. Cl.

**B23K 20/12**(21) Application number: **2002070483**(71) Applicant: **DENSO CORP**(22) Date of filing: **14.03.02**(72) Inventor: **OMI YOSHINORI  
KIKUCHI ATSUO  
YOSHINO MUTSUMI****(54) FRICTION STIR WELDING METHOD****(57) Abstract**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a friction stir welding method that can prevent welding deformation due to a compression residual stress caused on both sides of a weld zone of the two members to be welded, by offsetting this stress timewise or spacewise.

**SOLUTION:** This is a welding method in which a pin of the revolving tool is abutted on the weld zone 10 of the members 1, 2 to be joined, the contact part is softened by a frictional heat, and welding is performed by moving the tool while the contact part is stirred. The part once joined by the rotating first tool 5 is allowed to be joined again by using a second tool smaller than the first and rotating it opposite to the rotating direction of the first tool. As a result, the residual stress 20a caused by the first tool can be offset by the residual stress 20b caused by the second tool.

COPYRIGHT: (C)2003,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-266181  
(P2003-266181A)

(43) 公開日 平成15年9月24日 (2003.9.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 20/12

識別記号

3 1 0

F I

B 2 3 K 20/12

テームト\* (参考)

3 1 0 4 E 0 6 7

審査請求 未請求 請求項の数5 OL (全6頁)

(21) 出願番号 特願2002-70483(P2002-70483)

(22) 出願日 平成14年3月14日 (2002.3.14)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 近江 義典

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 菊池 淳雄

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

最終頁に続く

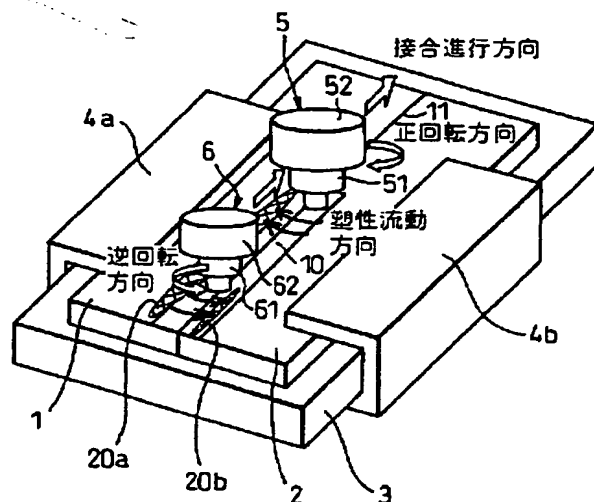
(54) 【発明の名称】 摩擦攪拌接合法

(57) 【要約】

【課題】 両接合部材の接合部の両側に発生する圧縮残留応力を時間的又は空間的に相殺することによって、この残留応力による溶接変形を防止することができる摩擦攪拌接合法を提供する。

【解決手段】 接合部材1, 2の接合部10に回転するツールのピンを当接し、その接触部を摩擦熱で軟化し、攪拌しながらツールを移動させることにより行う接合法であって、回転する第1ツール5によって一度接合した部分を、この第1ツールよりも小さい第2ツールを使用し、第1ツールの回転方向とは逆に回転させて、再度接合させるようにする。これにより第1ツールにより生じた残留応力20aを第2ツールによる残留応力20bによって相殺することができる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 両接合部材の接合部に回転するツールのピンを当接し、ピンとの接触部を摩擦熱で軟化させ攪拌しながら、ピンを当接状態で接合部に沿って相対的に移動させることにより、両接合部材を接合する摩擦攪拌接合法において、

回転する第 1 ツールのピンを両接合部材の接合部に沿って相対的に移動させて、両接合部材を接合した後に、前記第 1 ツールよりも小さい第 2 ツールのピンを、前記第 1 ツールの回転方向とは逆に回転して前記接合部に当接させて、再度、前記接合部に沿って相対的に移動して両接合部材を再接合させることを特徴とする摩擦攪拌接合法。

【請求項 2】 前記第 2 ツールにより再接合させた後に、前記第 2 ツールより更に小さい第 3 ツールを用いて再々接合させることを特徴とする請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合法。

【請求項 3】 両接合部材の接合部に回転するツールのピンを当接し、ピンとの接触部を摩擦熱で軟化させ攪拌しながら、ピンを当接状態で接合部に沿って相対的に移動させることにより、両接合部材を接合する摩擦攪拌接合法において、

前記ツールのピンの回転方向を周期的に逆回転させることを特徴とする摩擦攪拌接合法。

【請求項 4】 両接合部材の接合部に回転するツールのピンを当接し、ピンとの接触部を摩擦熱で軟化させ攪拌しながら、ピンを当接状態で接合部に沿って相対的に移動させることにより、両接合部材を接合する摩擦攪拌接合法において、

前記ツールを構成する、前記接合部を軟化させ攪拌するピンと軟化し攪拌される前記接合部を押さえるためのショルダーとが別体で形成され、前記ピンと前記ショルダーとを互いに逆方向に回転させて、前記ツールを前記接合部に沿って移動させることを特徴とする摩擦攪拌接合法。

【請求項 5】 前記ピンと前記ショルダーとがベアリングを介して同軸に配置され、別の動力源によりそれぞれ駆動されることを特徴とする請求項 4 に記載の摩擦攪拌接合法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、塑性流動性のある金属や樹脂等の材料からなる接合部材に用いられる摩擦攪拌接合法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 突合せ状態又は重合せ状態に配置した 2 個の接合部材を接合する摩擦攪拌接合法は、固相接合法の一つであり、接合部材の突合せ部又は重合せ部に回転しているプローブを挿入し、このプローブとの接触部を摩擦熱にて軟化させ攪拌しながら、プローブを突合せ部

又は重合せ部に沿って移動させながら冷却固化し、両者を接合させるものである。即ち、プローブの移動に伴って、軟化攪拌部分がプローブの進行圧力を受けてプローブの通過溝で受けるようにプローブの進行方向後方へと回り込むように塑性流動したのち摩擦熱を急速に失って冷却固化される。この現象がプローブの移動に伴って順次繰り返えされていき、最終的に両接合部材が突合せ部又は重合せ部において接合一体化される。

【0003】 このような摩擦攪拌接合法は、固相接合であるため、接合部材の材料の種類に制限を受けないとか、MIG、TIG、レーザ溶接等といった熔融溶接法と比較して接合時の熱歪みによる変形が少ない等の利点がある。

【0004】 ところで、特許第 2792233 号公報等に示される従来技術の摩擦攪拌接合法は、図 8 に示すように、1 つの回転するツール A のピンを、クランプ治具 C1、C2 によりそれぞれ固定された両接合部材 B1、B2 の接合部 b に押し当てて、その接触部の材料を摩擦熱により塑性流動攪拌させて接合するものである。しかし、この方法では一方向のみにツール A を回転させながらかつ移動させているため、接合部 b の両側に圧縮残留応力が発生するが、図 9 に示すように、とくにツール A の回転方向と進行方向とが同一方向となる接合部 b の図中の左側に、より大きい圧縮残留応力が発生し、その応力により溶接変形の原因となっている。即ち、接合部 b の左右の非対称な残留応力によって図 9 に示すような方向への溶接変形が生じる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、上記問題に鑑みなされたもので、その目的は、両接合部材の接合部の両側に発生する圧縮残留応力を時間的又は空間的に相殺することによって、この残留応力による溶接変形を防止することができる摩擦攪拌接合法を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、前記課題を解決するための手段として、特許請求の範囲の各請求項に記載の摩擦攪拌接合法を提供する。請求項 1 に記載の摩擦攪拌接合法は、第 1 ツールによって一度接合した部分を、この第 1 ツールよりも小さい第 2 ツールを使用し、第 1 ツールの回転方向とは逆に第 2 ツールを回転させて、再度接合させるようにしたものである。これにより、第 1 ツールによる接合によって生じた残留応力を、回転方向を逆にした第 2 ツールによって再接合し、第 1 ツールによる接合で生じた場所と接合線に対し軸対象の位置に第 2 ツールによる残留応力を発生させて、発生応力を相殺させることができ、残留応力による溶接変形を防止できる。

【0007】 請求項 2 の摩擦攪拌接合法は、第 2 ツールにより再接合された部分に、第 2 ツールより更に小さい

第3ツールを用いて再々接合されるようにしたものであり、これにより、発生した残留応力を更に相殺させることができ、一層の溶接変形の防止が可能となる。請求項3に記載の摩擦攪拌接合法は、ツールのピンの回転方向を周期的に逆回転させて、ツールを両接合部材の接合部に沿って相対的に移動させるようにしたものであり、これにより、それぞれの回転方向により発生する圧縮残留応力領域が、接合部の接合線の対称位置に、接合部に沿って交互に形成されるために、全体として残留応力が相殺され、溶接変形が防止できる。

【0008】請求項4に記載の摩擦攪拌接合法は、ツールを構成する、接合部を軟化させ攪拌するピンと軟化し攪拌される接合部を押さえるためのショルダーとが別体で形成され、これらのピンとショルダーとを互いに逆方向に回転させて、ツールを接合部に沿って移動させるようにしたものであり、これにより、両接合部材の接合部の板厚上部にはショルダーによって生じた圧縮残留応力領域が、また板厚下部にはピンによって生じた圧縮残留応力領域が、それぞれ接合線上の対称位置に上下を逆にした形で形成されるため、残留応力が相殺されて溶接変形が防止できる。請求項5の摩擦攪拌接合法は、ピンとショルダーとがベアリングを介して同軸に配置され、別の動力源によりそれぞれ駆動されるようにしたものであり、これにより、ツール（ピン）に加えられる加圧力はベアリングを介してショルダーに伝達される。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて本発明の実施の形態の摩擦攪拌接合法について説明する。図1は、本発明の第1実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。図2は、第1実施形態における圧縮残留応力の相殺について説明する図である。

【0010】2つの接合部材1、2が接合面を当接させて基板3上に載置され、この状態でそれぞれクランプ治具4a、4bにより基板3に適度のクランプ力によって固定される。接合部材1、2は、塑性流動性のある金属や樹脂等から形成されている。回転する第1ツール5は、プローブであるピン51とショルダー52とより一体に構成されており、これらのピン51とショルダー52とは、接合部材1、2よりも硬質でかつ接合時に発生する摩擦熱に耐えられる耐熱材料によって形成されている。第1ツール5は、図示しない駆動装置により、回転する。

【0011】回転する第2ツール6は、第1ツール5と同様の構造をしており、ピン61とショルダー52とより一体に構成されていて、耐熱材料によって形成されている。但し、第2ツール6は、第1ツール5よりも小さく、相似して形成されている。従って、第2ツール6のピン61は、第1ツール5のピン51よりも小径に形成されている。また、第2ツール6は、図示されない駆動装置により、第1ツール5の回転方向とは逆方向に回転

する。即ち、第1ツール5が正回転する場合は、第2ツール6は逆回転する。更に、これらの第1及び第2ツール5、6は、それぞれ加圧装置（図示せず）を有しており、それぞれのピン51、61は、両接合部材1、2の接合部10に加圧力を働かせることができる。

【0012】このように構成された摩擦攪拌接合装置において、第1ツール5のピン51を、基板3上にクランプされた両接合部材1、2の接合部10に押し当て、第1ツール5を例えば正回転方向に回転させながら、接合進行方向に移動させる。これにより、図2に明示されるように、第1ツール5による接合部10aの左側に圧縮残留応力領域20aが形成される。

【0013】次いで、第2ツール6のピン61を、第1ツール5によって形成された接合部10a上に押し当て、第1ツール5の正回転方向とは逆方向に回転させながら、接合部10a上を第1ツール5と同じ方向に移動させる。これにより、図2に示されるように、第1ツール5による接合部10a上に第2ツール6により再接合部10bが形成されるとともに、再接合部10bの右側に第2ツール6による圧縮残留応力領域20bが形成される。その結果、第1ツール5による接合によって生じた圧縮残留応力領域20aと接合線11の線対称の位置に第2ツール6によって圧縮残留応力領域20bが形成されるので、その発生残留応力を相殺することができる。なお、第1ツール5によって生じる発生応力は、第2ツール6によって生じる発生応力よりも大きいため、完全に相殺することはできない。

【0014】このため、必要に応じて、第2ツール6よりも更に小さな第3ツール（図示せず）を用いて、再接合部10b上を第2ツール6と同じ回転方向に回転させて、移動させることによって、再々接合をするとともに圧縮残留応力領域を接合線11の右側に形成して、第1ツール5によって生じる発生応力を更に相殺するようにする。この場合、それぞれのツールの大きさは、適性な接合を実施できる範囲内であるならば特に制約はない。

【0015】このとき、第2ツール6の大きさは第1ツール5の大きさよりも小さくしなければならない。もしも、第1ツール5と第2ツール6の大きさが同じならば、第1ツール5の後で実施する第2ツール6による接合時に、第1ツール5によって生じた圧縮残留応力領域20aを再度塑性流動してしまうので、その残留応力が完全にキャンセルされ、第2ツール6によって発生した残留応力のみとなり、発生応力を相殺する効果が得られない。したがって、第2ツール6の大きさは第1ツール5より小さくし、第1ツール5で生じた圧縮残留応力領域20aを残しつつ、第2ツール6によって新たな圧縮残留応力領域20bを形成して、それら2つの応力を相殺させる必要がある。

【0016】図3は、本発明の第2実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。この第2実施形態で

は、1つのツール7のみを使用し、このツール7を周期的に逆回転させて、接合進行方向に移動させる。ツール7は、基本的に第1実施形態と同様にピン71とショルダー72とから図5(a)に示すように一体に構成されているが、図示されない駆動装置によって、正回転及び逆回転が可能になっている。即ち、ツール7のピン71を両接合部材1, 2の接合部10に押し当て、ツール7を正回転方向及び逆回転方向への回転を交互に周期に繰り返えしながら、接合部10に沿って接合進行方向に移動して接合を実行する。

【0017】このようにツール7を周期的に逆回転させることによって、図4に示すように、それぞれの回転方向により発生する圧縮残留応力領域20cが接合線11上の対称位置に交互に形成されるため、全体として残留応力が相殺され、溶接変形を防止できる。なお、この場合においても、ツールの移動速度、回転速度および反転周期は、適正な接合を実施できる範囲内であるならば特に制約はない。

【0018】図5(a)は、上記第1及び第2実施形態に使用されるピン51, 61, 71とショルダー52, 62, 72とが一体化されているツール5, 6, 7を示しており、ピンとショルダーとは同一方向に回転する。図5(b)は、本発明の第3実施形態の摩擦攪拌接合法に用いるツール8を示しており、図6は、第3実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する図である。図7は、ツール8の1つの実施例を示す断面図である。ツール8においては、ピン81とショルダー82とが別体で構成されている。例えば、図7に示すように、ピン81とショルダー82とはベアリング83を介して同軸に配置されており、ショルダー82の外周面には歯82aが形成されている。ピン81は、図示しない加圧装置によって加圧された状態で、モータ等の回転体(図示せず)と直結して回転する。一方、ショルダー82の歯82aはギア84と噛合していて、別のモータ等の回転がギア84を介して伝達され、ショルダー82を回転させる。この場合、ピン81とショルダー82とは、互いに逆の方向に回転するようにする。また、ピン81に加えられる加圧力は、ベアリング83を介してショルダー82へも伝達される。

【0019】上記のように構成されたツール8のピン81を両接合部材1, 2の接合部10に押し当て、回転することで接合部10が軟化して塑性流動化し、図6に示されるように、ピン81が接合部10の内部に入り込み、ツール8のショルダー82が接合部10上面に押し当てられる。この状態でピン81とショルダー82とは互いに逆方向に回転しながら、接合進行方向にツール8が移動することで、両接合部材1, 2の接合が行われ

る。このとき、接合部材1の板厚上部にはショルダー82によって生じた圧縮残留応力領域20dが、また、接合部材2の板厚下部にはピン81によって生じた圧縮残留応力領域20eが、それぞれ接合線10上の対称位置に形成されるため、残留応力が相殺されて、溶接変形が防止できる。

【0020】なお、上述の説明においては、ツールを接合進行方向に移動させるものとして説明しているが、ツール側を固定し、接合部材側を移動させるようにしてもよい。要は、両者が相対的に移動できればよい。以上説明したように、本発明においては、ツールの回転及び移動により接合部に発生する残留応力を相殺することができるので、従来技術では実現不可能であった溶接変形のない接合部材の高精度な摩擦攪拌接合が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。

【図2】第1実施形態における圧縮残留応力の相殺について説明する図である。

【図3】本発明の第2実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。

【図4】第2実施形態における圧縮残留応力の相殺について説明する図である。

【図5】(a)ショルダーとピンとが一体化されて、同一方向に回転するツールと、(b)ショルダーとピンとが別体で形成され、両者が逆方向に回転するツールと、を示している。

【図6】本発明の第3実施形態の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。

【図7】第3実施形態に使用される、一実施例のツールの縦断面図である。

【図8】従来の摩擦攪拌接合法を説明する斜視図である。

【図9】従来の摩擦攪拌接合法における圧縮残留応力の発生状況を説明する図である。

【符号の説明】

1, 2…接合部材

10, 10a, 10b…接合部

11…接合線

20a~20e…圧縮残留応力領域

3…基板

4a, 4b…クランプ治具

5, 6, 7, 8…ツール

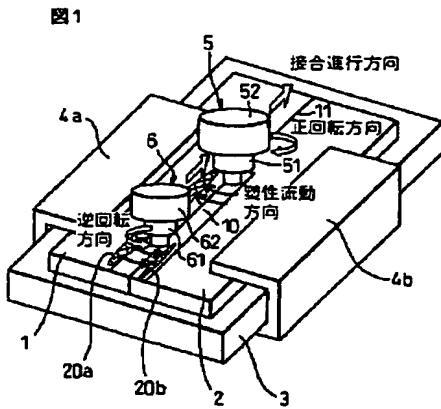
51, 61, 71, 81…ピン

52, 62, 72, 82…ショルダー

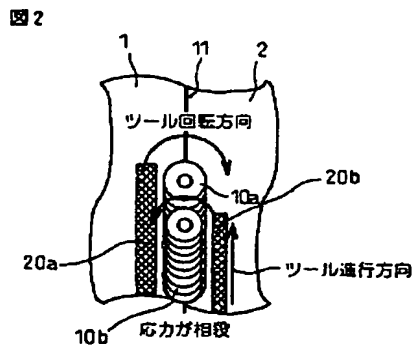
83…ベアリング

84…ギア

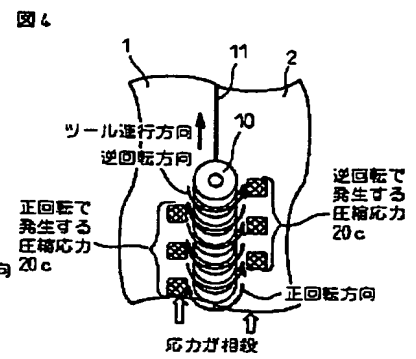
【図1】



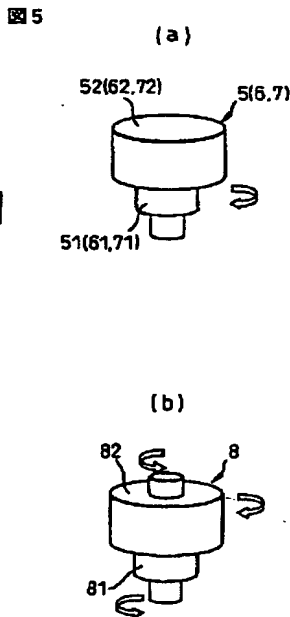
【図2】



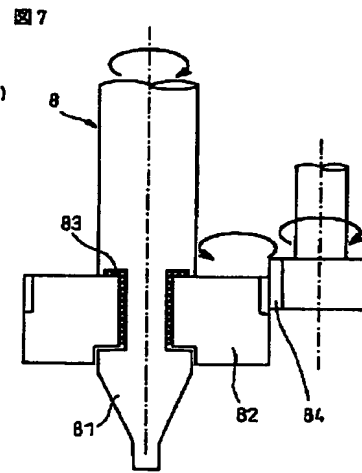
【図4】



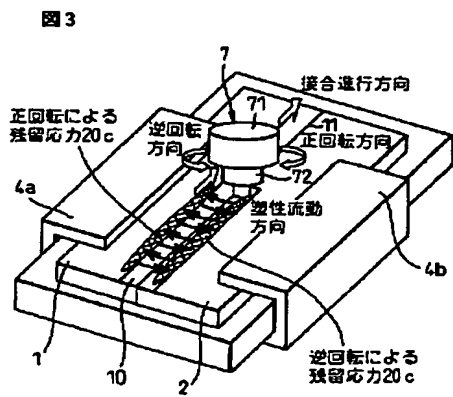
【図5】



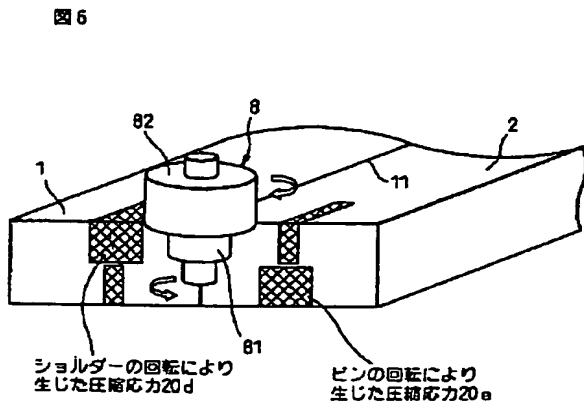
【図7】



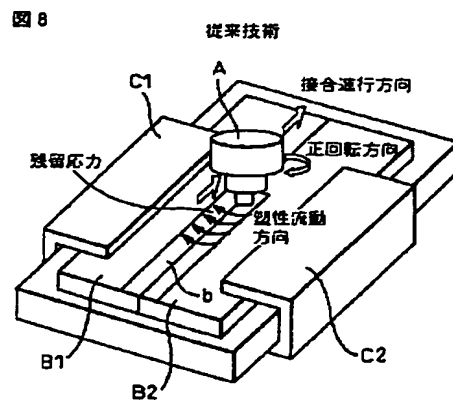
【図3】



【図6】

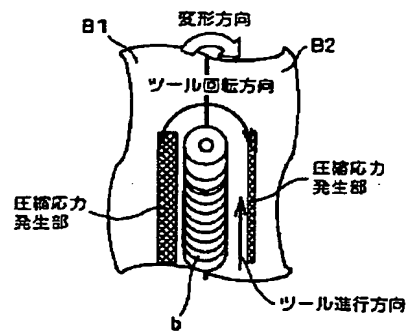


【図8】



従来技術

**9**



(72)発明者 吉野 睦  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

Fターム(参考) 4E067 AA01 AA19 BG00 CA01 DC07  
EC01